

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА В ПРОЦЕССАХ ФОТОДЕСТРУКЦИИ ТЕТРАЦИКЛИНА

Ветрова М.А.¹, Иванцова Н.А.¹, Кузин Е.Н.¹,
Захарова Д.С.¹, Богомолов А.Б.²

¹Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Российская Федерация, Москва. E-mail: margo.vetrova@list.ru.

²Институт уникального приборостроения Российской Академии Наук.

Качество жизни человека зачастую оценивают развитием науки и промышленности, а также применяемым на практике инновационным технологиям. Химики, биологи и медицинские работники ведут непрерывные разработки высокоэффективных лекарственных препаратов и синтез новых активных фармацевтических субстанций (АФС).

Многотоннажное фармацевтическое производство порождает огромное количество промышленных сточных вод загрязненных опасными для окружающей среды субстанциями. Традиционно на очистительных системах можно встретить сорбцию [1], коагуляцию, окислительную деструкцию озоном или хлором, а также продвинутое окислительные технологии такие как озонсорбция или Фентон-процесс [2–5]. Все эти методы отличаются сложной аппаратурной схемой или значительными энергетическими или реагентными затратами, что значительно снижает их популярность. Компромиссным решением стал фотокатализ с использованием различных новых катализаторов.

Всё большую популярность в качестве катализатора процессов фотокаталитической деструкции набирает графитоподобный нитрид углерода который обладает полупроводниковыми свойствами, фотокаталитической активностью, химической стабильностью и флюоресцентностью [6–7].

Испытания проводили на водном модельном растворе тетрациклина (тетрациклин-ЛекТ, Россия) с концентрацией 0,006 г/л по действующему веществу.

Для экспериментов по оценке фотокаталитической активности катализатора в процессах окислительной деструкции тетрациклина были использованы образцы, полученные Институтом уникального приборостроения Российской Академии Наук. Графитоподобный нитрид углерода получали термическим разложением меламин (чистота 99,7 %).

Образец №1: Время выдержки – 3 часа. Температура выдержки – 500 °С. Атмосфера инертного газа.

Образец №2: навеску меламин (3 части) тщательно перетирали в агатовой ступке с частицами SiO₂ (размер частиц 50–200 нм) (1 часть) помещали в закрытый тигель и выдерживали – 3 часа при температуре 300–350 °С.

Образец №3: навеску меламин тщательно перетирали в агатовой ступке с частицами Al₂O₃ (соотношение 3:1) помещали в закрытый тигель и выдерживали – 3 часа при температуре 300–350 °С.

Образец №4: навеску меламин тщательно перетирали в агатовой ступке с частицами TiO₂ (соотношение 3:1) помещали в закрытый тигель и выдерживали – 3 часа при температуре 300 – 350 °С.

Протекание фотохимической каталитической реакции наблюдали по изменению коэффициента пропускания (длина волны 330 нм) тетрациклина. Лабораторная установка состоит из УФ-излучателя, кварцевых пробинок объёмом 60 мл и блока питания. В качестве источника УФ излучения в установке использована ртутно-кварцевая лампа низкого давления типа ДРБ-8. В 250 мл водного модельного раствора тетрациклина диспергировали 0,02 г катализатора, активно перемешивали в течение 15 минут. Полученную субстанцию помещали в кварцевые пробирки в УФ-установку на 15, 30, 60 минут соответственно.

Результаты по фотокаталитическому окислению тетрациклина представлены на рис. 1.

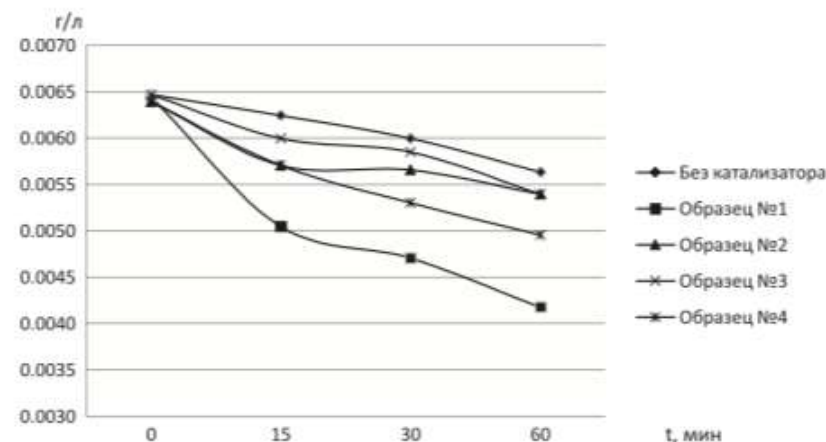


Рис. 1. Фотокаталитическое окисление тетрациклина

Таблица 1. Максимальная степень и скорость окисления тетрациклина

Тип катализатора	Максимальная степень окисления,	Скорость окисления, ммоль/л·мин
Без катализатора	12,9	$1,5 \times 10^{-5}$
Образец №1	35,2	$6,7 \times 10^{-5}$
Образец №2	15,6	$2,1 \times 10^{-5}$
Образец №3	16,6	$2,2 \times 10^{-5}$
Образец №4	22,5	$3,8 \times 10^{-5}$

Согласно данным рис. 1 и табл. 1 можно сделать вывод, что образец №1 обладает наибольшей фотокаталитической активностью в отношении деструкции тетрациклина, чем иные образцы.

Закключение

В рамках исследования проведена оценка возможности использования различных образцов катализатора на основе нитрида углерода в процессе окислительной деструкции тетрациклина. Установлено, что на эффективность катализаторов существенное влияние оказывает атмосфера синтеза (наличие кислорода). Обнаружено, что добавки кремния и титана оказывает ингибирующее действие на процессы окисления за счет снижения дозы активного компонента (нитрид углерода). На основании полученных данных можно сделать вывод о перспективности использования графитоподобного нитрида углерода в процессах очистки фармацевтических стоков, при условии оптимизации условий синтеза.

Литература

- [1] Davoud B., Dokht Khatibi A., Chandrika K. // Int. J. Pharm. Investigate., **2020** № 10 p. 106–111.
- [2] WANG J.L., & XU L.J. // Critical Reviews in Environmental Science and Technology, **2012** №42(3), p. 251–325. doi:10.1080/10643389.2010.507698
- [3] Guo Y., Qi P.S., & Liu Y.Z. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, **2017** №63, 012025. doi:10.1088/1755-1315/63/1/012025
- [4] Mukimin A., & Vistanty H. // E3S Web of Conferences, **2019** №125, 03007. doi:10.1051/e3sconf/201912503007.
- [5] Emzhina V.V., Kuzin E.N., Babusenko E.S., Krutichina N.E. // Journal of Water Process Engineering **2021**. № 39 101696, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101696>.
- [6] Wang L., Tong Y., Feng J., Hou J., Li J., Hou X., Liang J. // Sustain. Mater. Technol. **2019**, № 19, e00089.

- [7] Jiang X., Li J., Fang J., Gao L., Cai W., Li X., Xu A., Ruan X.J. // Photochem. Photobiol. A Chem. **2017**, №336 p. 54–62.
- [1] Hernández-Uresti D., Vázquez A., Sánchez-Martínez D., Obregón S. // J. Photochem. Photobiol. A Chem. **2016** № 324, p. 47–52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ Fe_2TiO_5

Викторчук Н.А.², Иванов К.В.¹, Ильин А.А.², Агафонов А.В.¹

¹Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново. E-mail: ivk@isc-ras.ru.

²Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново.

В последнее время большое внимание уделяется исследованиям фотокаталитической активности материалов со структурой перовскита с целью создания фотокатализаторов, применяемых в системах очистки водных и воздушных сред от органических молекул (красителей, фармацевтических соединений) и бактерий.

В связи с этим целью данной работы является синтез Fe_2TiO_5 и исследование влияние структуры полученного материала на фотокаталитическую активность.

Для получения Fe_2TiO_5 существует достаточно большое количество методов синтеза, среди которых можно выделить: твердофазные и жидкофазные – проводимые как с использованием различных исходных соединений, так и условий среды, типа растворителя и т.д. Из всего многообразия имеющихся методов синтеза в работе представлена механохимическая активация смеси диоксида титана и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. В результате которой был получен предшественник изучаемого материала. Синтезированный предшественник Fe_2TiO_5 термически обрабатывали при 100°, 200°, 400°, 800° 600° и 1000 °С.

Методом рентгенофазового анализа в ходе термической обработки при выше указанных температурах был определен фазовый состав образцов. Который позволил показать, как меняется фазовый состав материала. Вместе с этим проведены исследования термогравиметрического анализа и ИК-спектроскопии. В совокупности используемые методы позволили предположить какие протекают химические процессы в интервале температур от 25° до 1000 °С. Для изучения размера и формы частиц получаемого по-